



English translation of abstract (CN 86203906)

This utility model relates to three-phase multi-speed change-pole motor, which is composed of a stator with a changeable 4/10 pole single-winding and a squirrel-cage rotor, and is provided with a speed control box. The three-phase winding has a magnetic potential at each pole similar to sinusoidal wave. As a result, the motor can rotate smoothly and has a high efficiency, its properties are as good as the single-speed motor with corresponding poles. Its power varies with the square or cube of the speed ratio, is applicable to variable torque load, can greatly save energy, and can be directly started at low speed conditions. The speed control is convenient, and a preferred structure is provided for the manufacturing and connection of separate coils, making the embedded lines be equal to the common double stacked windings.



(12) 实用新型专利申请说明书

(11) C N 86 2 03906 U

C N 86 2 03906 U

(43) 公告日 1987年 2月18日

(21) 申请号 86 2 03906

(22) 申请日 86.5.30.

(21) 申请人 长沙电机厂

地址 湖南省长沙市韶山路94号

(22) 设计人 邹楚池

(74) 专利代理机构 湖南省专利事务所

代理人 杨 建 李柏林

(54) 实用新型名称 三相变极多速电动机

(57) 摘要

三相变极多速电动机。由带有可变换4/10极单绕组的定子和鼠笼转子组成，并配有调速控制柜。该三相绕组在各极下磁势皆近于正弦波，因而电动机转速平稳，效率高，各项性能与对应极数单速电动机相媲美，功率随速比成平方或三次方变化。适用于风机泵类变转矩负载，大幅度节能，可在低速挡直接起动。调速控制简便。并提供分裂线圈制，接线的最佳结构，使得嵌线同于常规双迭绕组。

权 利 要 求 书

1. 一种三相变极多速电动机，由带有可变换为不同极数的定子、鼠笼转子、机座、端盖结构件及装有多个接线柱的接线板、接线盒等构成整机，另配有调速控制柜，其特征在于4／10极单绕组是由四层绕组构成的迭绕组，大、小分裂线圈数各占一半，总个数为槽数的2倍，大线圈匝数一般为小线圈匝数的2倍，有18个接线端。
2. 根据权利要求1所述的多速电动机，其特征在于硬绕组成型线圈，分裂线圈采用边绕边包工艺予制相间绝缘。
3. 根据权利要求2所述的多速电动机，其特征在于在两个电极独立的大、小分线圈之间，绕线时在接合的匝上分别施用三分之二迭包聚酯薄膜带，然后合制成为一整线圈。
4. 根据权利要求1所述的多速电动机，其特征在于对于500伏以下低压试验，采用高压绝缘导线代用，对于3000伏以上的高压电机，则用耐压等级更高的绝缘导线代用。
5. 根据权利要求1所述的多速电动机，其特征在于在定子绕组接线端与机座、端盖间空间裕度较小时，采取铁芯往非出线端偏心的结构。

说 明 书

三相变极多速电动机

本实用新型涉及一种三相变极多速电动机。

由于变极多速电动机能节省中间变速机构，已广泛应用于各个部门。

我国已有JD、JD02、YD系列多速电动机。国外瑞士BBC、西德西门子(Siemens)、美国西屋(Westinghouse)等公司也都有变极多速电动机的专用系列，但不能进行4/10极变速。

众所周知，倍极比多速电动机设计、制造较为简便，非倍极比多速电动机较为复杂，而含10极的非倍极比多速电动机设计和制造就更为困难。例如美国西屋公司近年提供的电机产品资料列出980个规格的多速电动机，无论单绕组或双绕组电动机中尚无含10极的多速电动机。虽然苏联专利754581《ТРЕХФАЗНАЯ ПОЛЮСОПЕРЕКЛЮЧАЕМАЯ ОБМОТКА 1981年》列有10/14极48槽变极绕组排列方案及磁势波形图，但各极波形畸变率明显较大，即各极基波绕组系数较低，而高次谐波含量都较大。

试用目前国内多速电动机设计遵循的成熟可靠的“反向法”、“换相法”、“对称轴线法”排列绕组方案，选用JS127-4为母型电机，定子槽数为60，采用上述方法设计虽能获得三相对称绕组，但作出三相合成磁势曲线观察，其结果为10极下波形畸变率太大。分析如下：(1)采用“反向法”(即不改变线圈的相属，仅在每相内部改变所属线圈的连接方向)变极，仅4极波形正常，但10极磁势次谐波(对10极为1/5次谐波)振幅大，且各高次谐波含量也大。故绕组虽为简单双层迭绕的常规线圈，只6根出线，却无实用价值。(2)采用“换相法”(即变极时打破相

的界限，把各线圈重新组合和分相）变极也仅能保证 4 极波形正常，而 10 极个别对极磁势振幅太低，且引出线增为 15 根，不拟实施。

本实用新型的任务是提供一种 4/10 极绕组多速电动机。该电动机各转速下起动、运行平稳，效率高，功率因数、堵转转矩和堵转电流倍数等各项性能达到对应单速电动机标准，节能显著。

现结合下列附图对本实用新型详细阐述。

附图的简要说明：

图 1 是三相 4/10 极 60 槽四层迭绕组展开图；

图 2 是 60 槽 4/10 极电动机绕组端线连接图；

图 3 是电动机变极接线原理图；

图 4 是电动机变速换接控制线路原理图。

一、变极绕组方案

今采用一种称为“同时反向换相法”排列变极绕组，取分裂线圈、四层迭绕组的结构。

1、四层绕组：为了简化工艺，将电路的每槽四层分裂线圈先简化为常规双层迭绕组，也即把常规双迭绕组的一个整线圈分裂成两个电路独立的大、小分线圈。大线圈匝数一般为小线圈匝数的 2 倍。在基本极（低速）时，大、小线圈分属不同的相。在予制成型线圈时，大、小线圈间先予垫相间绝缘再迭合成一个整线圈。

硬绕组成型线圈予制分裂线圈相间绝缘采用边绕边包工艺为：在 U 形模上先绕大线圈，绕至最末匝起始时用聚酯薄膜带三分之二迭包铜线，边绕边包至终，根据出线头设计长度剪断，用白纱带扎好折向内侧。接着在大线圈上绕小线圈。起始匝就边绕边三分之二迭包聚酯薄膜带，绕完第一匝后，后续匝终止加包绝缘层，只绕铜线至完工。然后合制成大、小综合成型线圈为一整体。对于 500 伏以下低压线

也可采用高压绝缘导线代用，既省去上述予制层间绝缘工艺，还提高槽满率和电机效率。对于3000伏以上的高压电机，则用耐压等级更高的绝缘导线代用。

这样把电路的四层迭绕组简化为外形结构上的等效双层迭绕。区别在于现每个线圈，如图1示有4个出线头，常规双迭绕组每线圈只有2个出线头。嵌线方法跟熟知的常规双迭绕组一样，也只在等效上下层线圈边间垫上层间绝缘即可。

2、三相60槽4/10极变极绕组排列。如图1所示。图中阿拉伯数字1、2……60代表铁芯槽号和线圈号，编号的原则是线圈和线圈的上层边所在的槽编为同一号码。每槽中4根线代表四层线圈边，实、虚线分别为等效双层绕组的上、下边，而上、下层边线粗（实、虚）线与细（实、虚）线分别代表大、小分线圈。图1中1号与31号大线圈端线也加粗作示例，线圈节距 $y = 1 \sim 18$ 。相邻线圈间及极相组线圈间的连线绘在绕组端部一侧。如此构成三相迭绕组，标号1U、1V、1W……等分别代表18个出线端标志。以10极为基本极分相，标U、V、W相。

60槽四层迭绕组实质为由120槽等效单层（实为双层）迭绕组两槽合并为一槽成为等效双层（实为四层）60槽迭绕组。根据以10极为基本极采用“同时反向换相法”变换为变后极4极设计组合极相组、出线根数，再把上述120个大、小分线圈连接起来，主要是下述端部连接线的作用。

3、绕组端部结构：从图1示绕组展开图看出繁复的槽绕组实质为1号线圈顺槽号的重复。可见嵌线同于常规电机的双迭绕组。本实用新型的特征在于各线圈之间的接线及端部结构不同：(1)常规60槽双迭绕组10极为每两个线圈为一极相组，4极为每五个线圈为一极

相组。而本变极绕组一般为4个、三个(少数为二个、单个)分裂线圈为一极相组，各组内线圈邻槽连接；(2)常规绕组极相组线圈连接一般为每对极相似重复，而本变极绕组因各极相组线圈数不等，故极相组间的连接一般无重复的部分。故端部连接按如下说明进行。

图2列出线圈连接顺序与绕组端部接线图。各阿拉伯数字右上方标“2”或“1”分别代表同一线圈号的大、小分线圈。60槽四层绕组共有120个分线圈，大、小分线圈各为60个，即各占一半。号码上方带“—”(如 $\bar{4}^1$)代表反接(从尾端即线圈下层边出线接入)。号码上不带“—”(如 1^1)表示顺接(从首端即线圈上层边出线接入)。极相组间连线(如 $\bar{6}^1 - 1^1$, $10^2 - 21^1$)即按此规定飞根相连，并从相应点接出18根引出线。相邻线圈(极相组内毗邻如 1^1 、 2^2 、 3^2 、 4^1)各线圈引线连接与常规电机一样为首尾相接。

可见本实用新型实施中可不理图1，而径行按图2计算各线圈引出线长度和进行绕组端部连接最为简捷。而嵌线同于常规双迭绕组。

二、变极调速原理

电动机出线端(及其相连接的线圈号，从图1、图2中都可查到)在10极和4极时标志分相如表1所示。

表1是电动机出线端在10极和4极时标志分相

相序	A	B	C
10极 电源端	1U	1V	1W
1—△ 中端	2U、3U、4U、5U、6U	2V、3V、4V、5V、6V	2W、3W、4W、5W、6W
4极 电源端	2U、2V、2W	3U、3V、3W	4U、4V、4W
6—Y 尾端	1U、5U、6U	1V、6V、5V	1W、5W、6W

由于每相分成两半(从图2可看出)，每半称为半相绕组，通

过 18 根引出线，每相的两个半相绕组可以采用串联、并联或改变电流相属，即电动机通过改变三相绕组连接方式来实现变极。当每相半相绕组都串联成一条电路，三相接成 $1-\Delta$ 时（如图 3，a），A, B, C 三相电流分别从接线端 $1U, 1V, 1W$ 流入，则定子三相绕组磁势形成 10 极旋转磁场；当每相半相绕组并联，即其中有一半绕组反向，并且每相只保留 $1/3$ 绕组相属不变，其余 $2/3$ 绕组又各均换属其他两相，即采取同时反向换相法，三相接成 $6-Y$ 时（如图 3，b）， $1U, 1V, 1W, 5U, 5V, 5W, 6U, 6V, 6W$ 结成 Y 接中性点，A, B, C 三相电流分别从 $2U, 2V, 2W, 3U, 3V, 3W, 4U, 4V, 4W$ 流入，定子三相绕组变换为 4 极旋转磁场。当电源频率 $f = 50$ 赫兹，分别按这样两种接法带动转子以近 600 转/分或 1500 转/分而旋转。

三、机械件结构

为了尽量减少工装模具费用和加快制造进度，本电动机的构件尽量选用常规电动机的通用件如机座、端盖、轴承盖，定、转子铁芯和冲片，转轴，挡风板及标准件等。

但由于分裂绕组结构及变极电机极相组间连接线较多，线圈跨距增大导致绕组端伸加长，故整机绕组接线端一端尺寸加长较多，原型电机该装配部位空间裕度小，采取铁芯往非出线端偏心的结构，机座、转轴与铁芯配合部分的加工尺寸及挡风圈长度尺寸亦作相应设计更改。

选择最佳原型电机作基础结构件，如定子铁芯端部空间裕度大，则免去铁芯偏移等措移，使设计图纸和加工更为简化。

须重新设计 18 个出线端的接线板和接线盒等。

本实用新型与现有技术相比具有下列优点：

1. 本实用新型的变极绕组方案具有各级下磁势基波幅值高，高次谐波幅值低和无次谐波的突出优点，磁势波形接近于正弦形。4 极

为常规 60° 相带绕组，磁势波形与正常的单速 4 极电动机一样。10 极相带总宽为 120° ，由于大线圈集中于相带中心附近，故绕组分布系数实介于 60° 和 120° 相带之间，谐波含量比常规 60° 相带单速电动机还低，攻破了含 10 极的变极电动机磁势波形畸变率大的技术难关。各极下基波和各高次谐波绕组系数列于表 2。表中 K_{dU} 、 K_{PU} 、 K_{WU} 分别为 $U = 1 \cdot 5 \dots 23$ 次谐波的分布系数、短距系数和绕组系数。同时列出单速电动机 JS127-4（节距 $y = 1 \sim 13$ ，每极每相槽数 $q = 5$ ），JS127-10（ $y = 1 \sim 8$ ， $q = 2$ ）的对应分布、短距和绕组系数。

由表列数据可见，4 极基波绕组系数由于短距系数增大而增大 $2 \cdot 81\%$ ，谐波绕组系数比较如下：原常规电机无 5 次谐波，对较危险的 7 次谐波，现电机却下降近 6 倍，各有得失。总的磁势波形与常规 4 极单速单速电机相同。10 极基波绕组系数下降 $9 \cdot 8\%$ ，但 5、7 次谐波下降 $4 \cdot 1$ 倍。故 10 极磁势波形更接近正弦形，优于常规 10 极单速电机。这是本实用新型最突出的优点。

2、单绕组双速电动机 4 极采用 6 条支路，功率达 260 千瓦，单位体积及重量的功率与各项性能指标达到单速电动机标准。10 极采用 1 条支路，功率适用于变转矩负载要求，即功率随转速比成 3 次方变化，力能指标高，大幅度节能。

3、分裂线圈结构仅绕线与接线较复杂，嵌线实与常规双迭绕组电机一样，结构件大部分与常规电机通用，一般电机厂的设备、工艺都能顺利完成。

下面是本实用新型实施例：

表2为多速及对应单速电动机对应分布系数、短距系数和绕组系数

序号		类别		谐波次		1		5		7		11				
				Kd ₁	KP ₁	KW ₁	Kd ₅	KP ₅	KW ₅	Kd ₇	KP ₇	KW ₇	Kd ₁₁	KP ₁₁	KW ₁₁	
1	4 极	多速	$y=1-18$	0.9567	0.9781	0.9352	0.2	0.5	0.1	-0.1494	-0.1045	0.01562	-0.1095	0.6691	-0.07327	
		$q=5$ 单速	$y=1-13$	0.9567	0.9511	0.9099	0.2	0	0	-0.1494	0.5878	-0.03782	-0.1095	0.9511	-0.1041	
2	10 极	多速	$y=1-18$	0.8797	0.9659	0.8497	-0.06316	0.2588	-0.01635	0.06316	0.2588	-0.01635	-0.8797	0.9659	-0.8497	
		$q=2$ 单速	$y=1-8$	0.9659	0.9659	0.933	0.2588	0.2588	0.06699	-0.2588	0.2588	-0.06699	-0.9659	0.9659	-0.933	
序号		类别		谐波次		13		17		19		23		27		
				Kd ₁₃	KP ₁₃	KW ₁₃	Kd ₁₇	KP ₁₇	KW ₁₇	Kd ₁₉	KP ₁₉	KW ₁₉	Kd ₂₃	KP ₂₃	KW ₂₃	
1	4 极	多速	$y=1-18$	0.1022	-0.9136	-0.09336	0.1022	-0.9136	-0.09336	-0.1095	0.6691	-0.07327	-0.1103	-0.1045	0.01163	
		$q=6$ 单速	$y=1-13$	0.1022	-0.5878	-0.06007	0.1022	0.5878	0.06007	-0.1096	0.9511	0.1041	-0.1103	-0.5878	0.06483	
2	10 极	多速	$y=1-18$	-0.8797	-0.9659	0.8497	0.06316	-0.2588	-0.01635	-0.06316	-0.2588	0.06316	0.8797	-0.9659	-0.8497	
		$q=2$ 单速	$y=1-8$	-0.9659	-0.9659	0.933	-0.2588	-0.2588	0.06699	0.2588	-0.2588	-0.06699	-0.2758	-0.9659	0.2664	

长沙电机厂于1985年按上述变极绕组方案试制成功JDS127-4/10, 260/22千瓦单绕组双速电动机。经型式试验证明，各转速起动、运行平稳，主要性能优越，各转速档性能达JB563-64《JS系列三相鼠笼型异步电动机技术条件》即单速电动机标准，见表3。

由表3所列数据，可称各档性能能与对应单速电动机相媲美。本电动机将运往用户运行。现估算它对转炉炼钢节能增产的效果。原机JS127-4, 260千瓦电动机，效率93.6%，现改机效率见表3。设年运行时间为5000小时，两种工况各占时50%，负荷率为80%，按下式计算年节电为：

$$5000 \times \left(\frac{260}{0.936} - \frac{260 \times 0.5}{0.938} - \frac{22 \times 0.5}{0.89} \right) \times 0.8 = 507 \text{ (万度电/年)}$$

图4示电动机与调速控制柜连接原理线路图。

电动机起动时，合上负荷开关HK，按下起动按钮1QA，交流接触器1JC主触头闭合，信号灯LD亮，电动机在10极低速下直接起动，并运行。要将电动机换接为4极运行时，即按下2QA按钮，则接触器1JC主触头断开，而接触器2JC、3JC、4JC主触头均闭合，信号灯LD灭，HD亮，电动机切换成为4极高速档运行。

要将电动机返回10极运行时，按下1QA按钮，则2JC、3JC、4JC主触头断开，而1JC主触头闭合，HD灭而LD亮，电动机又转入低速运转。如此双速变换运行。

按下停止按钮TA，则各接触器主触头皆断开，LD、HD皆灭，电动机断电停转。

图4中其他元件为：电流互感器LH1、LH2，热继电器1RJ、2RJ，熔断器1RD、2RD，以作短路、过载保护用，交流接触器常

表 3 是多速电动机各项性能数值汇总表

极数	额定容量 kW	效率 η %		功率因数 $\cos\phi$		最大转矩倍数		堵转转矩倍数		堵转电流倍数	
		标准设计值	实测值	标准设计值	实测值	标准设计值	实测值	标准设计值	实测值	标准设计值	实测值
4	260	93.9	93.8	0.9	0.93	0.914	1.6	2.27	2.36	0.9	1.4
10	22	88	88.5	89	0.65	0.656	0.634	1.6	2.85	3.05	0.9

开、常闭辅助触头及吸引线圈旁也各标有相应符号 1JC、2JC、3JC
4JC 等。

说 明 书 附 图

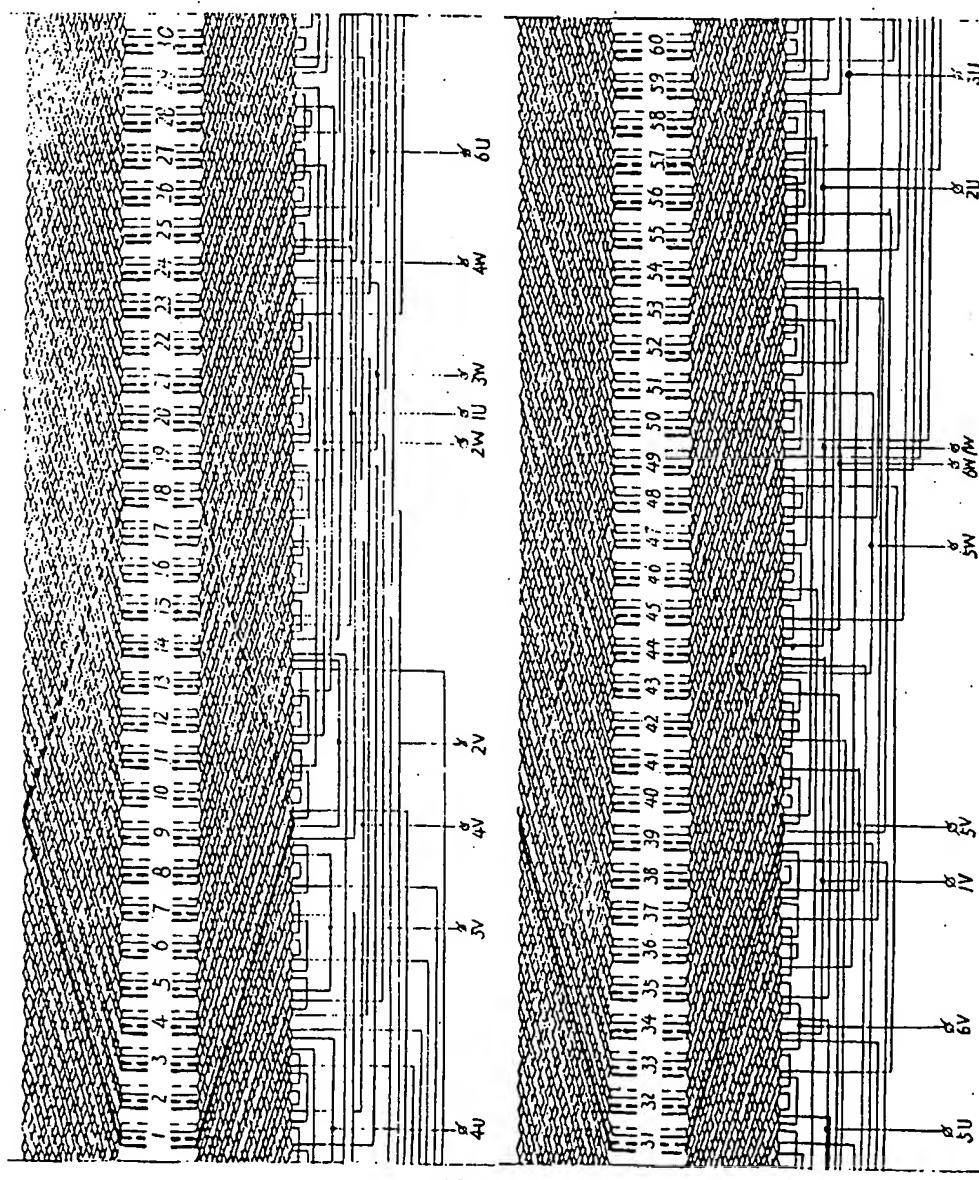


图 1

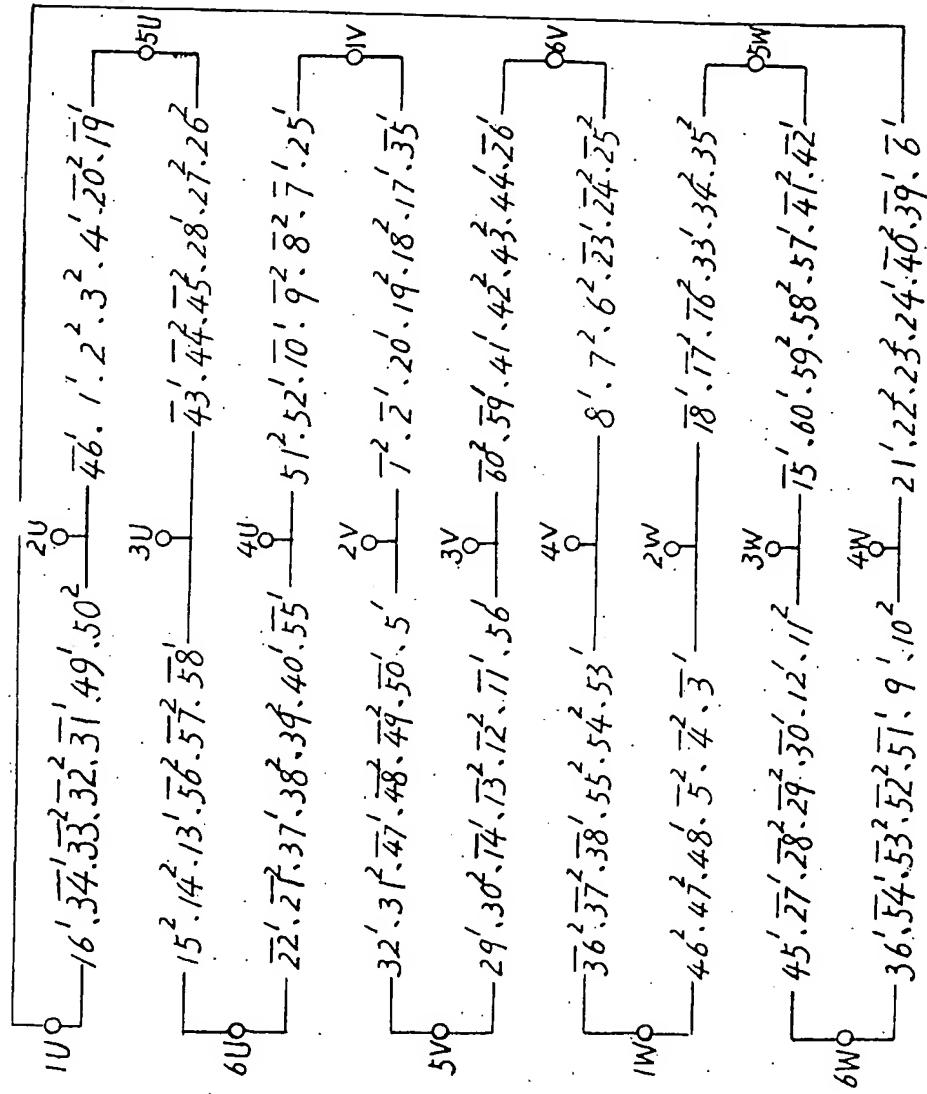
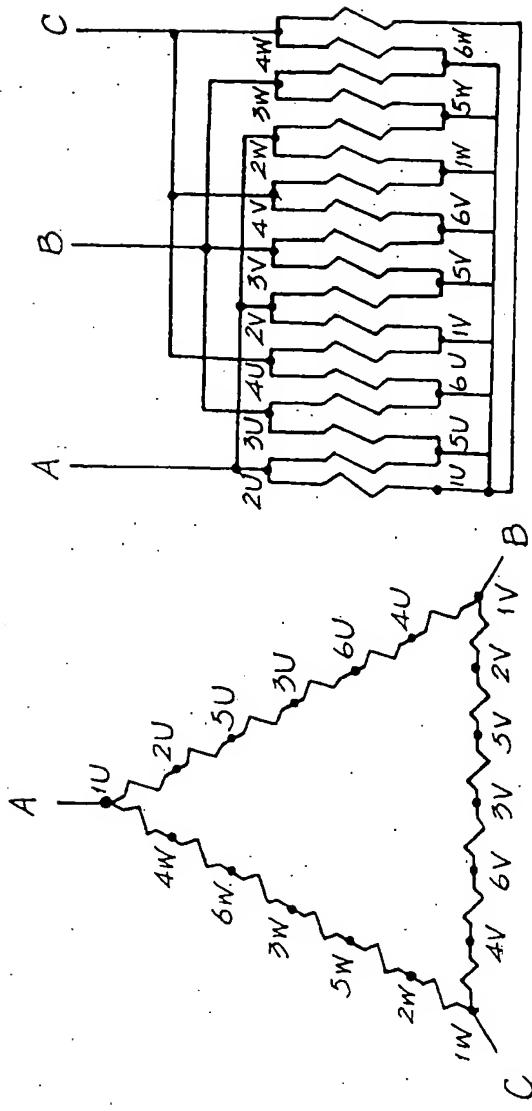


图 2



α) 1 - Δ 接法 10 枝

b) 6-人接法4極

۲۳

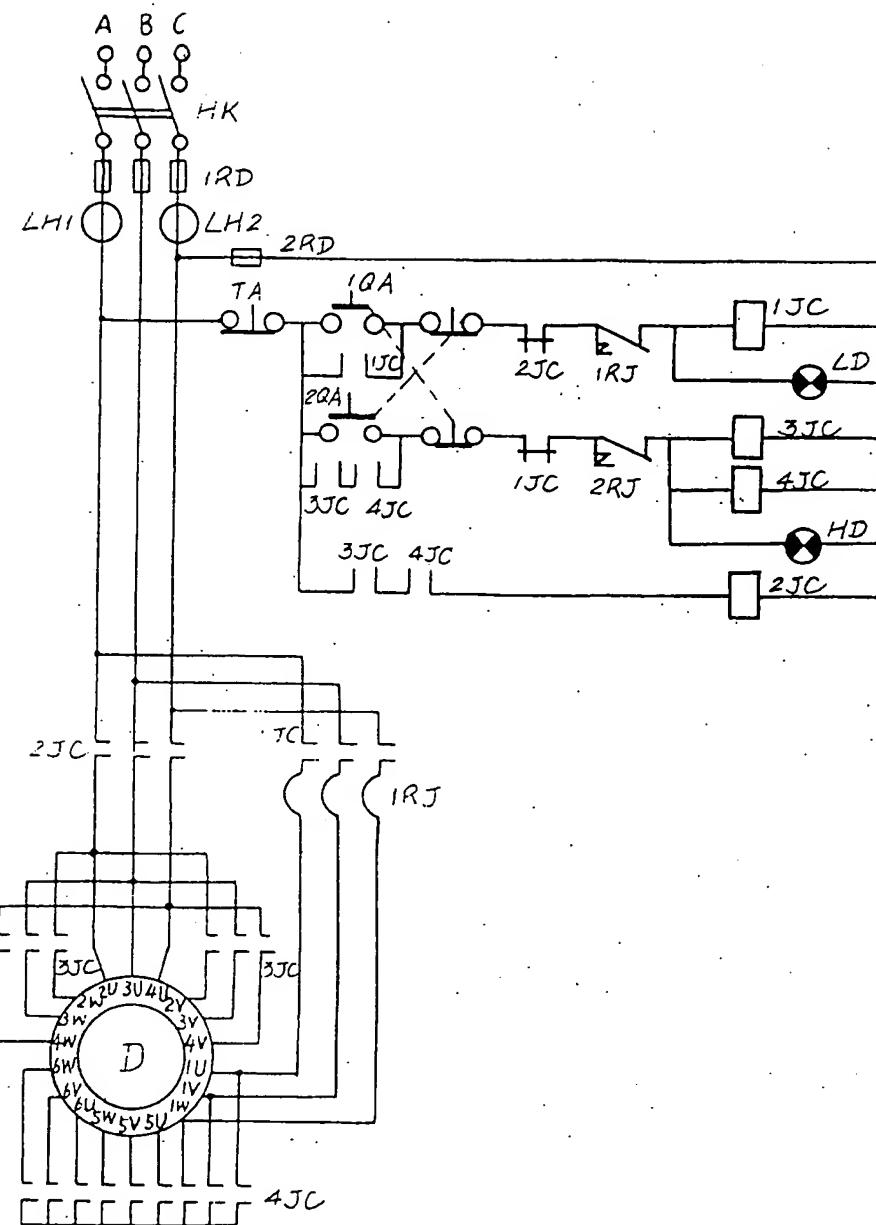


图 4